

# Radmyllning med kultivator

*Erik Nordqvist*

*Gustav Hilmér*



## Radmyllning med kultivator

Fertilizer placement with cultivator

*Erik Nordqvist*

*Gustav Hilmér*

**Handledare:** Torsten Hörndahl, SLU, Biosystem och teknologi

**Btr handledare:** David Törnberg, Väderstad AB

**Examinator:** Sven-Erik Svensson, SLU, Biosystem och teknologi

**Omfattning:** 10 hp

**Nivå och fördjupning:** Grundnivå, G1E

**Kurstitel:** Examensarbete för lantmästarprogrammet inom lantbruksvetenskap

**Kurskod:** EX0619

**Program/utbildning:** Lantmästare - kandidatprogram

**Utgivningsort:** Alnarp

**Utgivningsår:** 2016

**Omslagsbild:** Gustav Hilmér

**Elektronisk publicering:** <http://stud.epsilon.slu.se>

**Nyckelord:** Mineralgödning, Gödsling, Myllning, Kultivatorpinne, Placering, Djupmyllning



Sveriges lantbruksuniversitet  
Swedish University of Agricultural Sciences

Fakulteten för landskapsarkitektur, trädgårds-  
och växtproduktionsvetenskap  
Institutionen för biosystem och teknologi

# FÖRORD

Lantmästarkandidatprogrammet är en 3-årig universitetsutbildning vilken omfattar 180 högskolepoäng (hp). En av de obligatoriska delarna är att genomföra ett eget arbete som skall presenteras med en skriftlig rapport och ett seminarium. Detta arbete kan t.ex. ha formen av ett mindre försök som utvärderas eller en sammanställning av litteratur vilken analyseras. Detta arbete gjordes under andra året. Arbetsinsatsen ska motsvara minst 6,5 veckors heltidsstudier (10 hp).

Idén till det här examensarbetet kommer från Väderstad AB som sökte studenter för att tillsammans utveckla och testa ett nytt system för gödningsplacering med kultivator. Vi vill rikta ett stor tack till vår handledare Torsten Hörndahl, examinator Sven-Erik Svensson, biträdande handledare David Törnberg och konstruktör Erik Servetin på Väderstad AB som varit till vår hjälp under arbetets gång. Vi vill också rikta ett tack till Tord Nilsson som jobbar på Björnstorp för den information han delgav oss.

Universitetsadjunkt Sven-Erik Svensson har varit examinator.

Universitetsadjunkt Torsten Hörndahl har varit handledare.

Erik Nordqvist & Gustav Hilmér

Alnarp

oktober 2016

# Innehållsförteckning

<b>1</b>	<b>SAMMANFATTNING.....</b>	<b>6</b>
<b>2</b>	<b>SUMMARY.....</b>	<b>7</b>
<b>3</b>	<b>INLEDNING .....</b>	<b>8</b>
3.1	BAKGRUND .....	8
3.2	MÅL OCH FRÅGESTÄLLNING .....	8
3.3	AVGRÄNSNING .....	8
<b>4</b>	<b>LITTERATURSTUDIE .....</b>	<b>9</b>
4.1	GÖDSELPLACERING.....	9
4.1.1	<i>Bredspridning .....</i>	<i>9</i>
4.1.2	<i>Radmyllning.....</i>	<i>9</i>
4.1.3	<i>Kombisådd.....</i>	<i>10</i>
4.1.4	<i>Injektion.....</i>	<i>10</i>
4.2	RADMYLLNINGENS EFFEKTER .....	10
4.3	OLIKA GRÖDORS PÅVERKAN VID RADMYLLNING .....	11
4.3.1	<i>Spannmål.....</i>	<i>11</i>
4.3.2	<i>Oljeväxter .....</i>	<i>12</i>
4.3.3	<i>Sockerbetor .....</i>	<i>12</i>
4.4	KULTIVATOR MED MYLLNINGSFUNKTION .....	13
4.4.1	<i>Amazone.....</i>	<i>13</i>
4.4.2	<i>Horsch.....</i>	<i>13</i>
4.4.3	<i>Köckerling.....</i>	<i>13</i>
4.5	VÄDERSTADS KULTIVATORER .....	14
4.5.1	<i>Cultus.....</i>	<i>14</i>
4.5.2	<i>TopDown .....</i>	<i>15</i>

<b>5</b>	<b>MATERIAL OCH METOD.....</b>	<b>16</b>
<b>6</b>	<b>RESULTAT .....</b>	<b>18</b>
<b>7</b>	<b>DISKUSSION.....</b>	<b>20</b>
<b>8</b>	<b>REFERENSER .....</b>	<b>22</b>

# 1 SAMMANFATTNING

Syftet med arbetet är att undersöka vad den nya tekniken radmyllning med kultivator innan sådd har för påverkan på var gödningen placeras i marken. Arbetet har gjorts tillsammans med Väderstad AB. För att kunna besvara frågeställning har vi gjort ett fälttest tillsammans med Väderstad för att se hur gödningsplaceringen blir med olika billhöjder ovanför bearbetningsbotten. Bill i det här arbetet menas munstycket, eller gödningsbillen, på kultivatorpinnen som placerar gödningen i marken.

Radmyllning innebär att gödseln myllas i rader nere i marken. Dessa rader behöver inte vara kopplade med utsädesraden.

Arbetet inleds med en litteraturgenomgång där radmyllning presenteras och hur radmyllning påverkar grödorna. I litteraturstudien nämns även kort om några vanliga grödor som gödningsmyllning används ihop med. Det kommer att presenteras tre olika maskintillverkares lösningar på liknande produkter för hantering och placering av mineralgödsel med kultivator.

Traditionell gödningsplacering har skett innan bearbetning eller efter sådd, alternativt i samband med sådden (kombisådd). Väderstad är ett företag baserat i Väderstad, Östergötland, och har sedan 1960-talet byggt och utvecklat jordbruksredskap för bearbetning och sådd av grödor under svenska förhållanden. Företaget har utvecklat många typer av kultivatorer för olika markförhållanden. Efter att man lanserat precisionssåmaskinen Tempo med tillhörande gödningsbehållare, som är monterad i fronten på traktorn, har företaget fått många förfrågningar från kunder om det skulle vara möjligt att kombinera gödningsplacering i en kultivator vid en överfart.

Resultatet av testerna visar att det är skillnader på de olika placeringshöjderna av billen. Sitter billen högt över bearbetningsbotten så är risken stor att man förlorar precisionen i gödselplaceringen och det blir gödning i hela den bearbetade markprofilen. Sätter man billen för lågt, så riskerar man att den blir igentäppt vid körning i blöta förhållanden, då jord kan pressas in i mynningen på gödningsbillen. Att kunna placera gödningen på ett bestämt djup är av störst vikt i torra områden där man måste lägga gödningen på det djupet där det finns fukt.

## 2 SUMMARY

This study aims to investigate a new system with band application of mineral fertilizers on a cultivator, before seeding, and how it impacts where the plant nutrients are placed in the ground. This study is done together with Väderstad AB. To answer the question; where the plant nutrients are placed, we have made a field test together with Väderstad to observe how the fertilizer placement changes with different coulter types. Band application, in this case, means that the fertilizer is placed in rows below the soil surface. These rows don't need to be related to the seed row.

The study begins with a literature review where subsurface banding is presented and how this method affects the crop. In the literature review we also present some common crops and how subsurface banding affects plant development. It will be presented three different manufacturers solutions to similar products for the management of subsurface banding with a cultivator. To place fertilizer at a certain depth is of greatest importance in dry areas where you need to add fertilizer where you find most moisture.

Traditional fertilizer placement occurred before preparing for seeding or after seeding. The most common way nowadays in Sweden is to fertilize and drill cereals and maize at the same time (subsurface banding) with the seeder.

Väderstad is a company based in Väderstad, Östergötland, Sweden, and has since 1962 built and developed agricultural machines for preparing seedbeds and seeding of crops under Swedish conditions. The company has developed many types of cultivators for different soil conditions. After the launch of the "maize" planter Tempo with associated fertilizer container that is placed in the front of the tractor, the company received many requests from customers if it would be possible to combine subsurface fertilizer placement and soil tillage in one pass with Väderstad's cultivators.

The result of our tests shows the differences in the various placement heights of the coulter. Coulter in this study refers to the point where the fertilizer is leaving the tine of the cultivator. If the coulter is placed high above the cultivator tine working depth, you will lose the precision of fertilizer placement and there will be fertilizer throughout the whole worked soil profile. If you put the coulter too low there is a risk that it might be clogged when working during wet conditions, then the soil can be squeezed into the mouth of the coulter.

## **3 INLEDNING**

### **3.1 Bakgrund**

Väderstad AB har senaste tiden fått många förfrågningar kring möjligheten att placera gödning samtidigt som man gör en kultivering. För att klara av att sänka kostnaderna i växtodlingen finns det ett behov att utföra ett bättre arbete snabbare. Väderstad AB har redan ett produktprogram för kultivatorer. De har även en produkt som tillhör precisionssåmaskinen Tempo som möjliggör gödselplacering vid t.ex. majssådd. De har däremot inget system som kan placera gödning samtidigt som en jordbearbetande överfart genomförs. De intressanta grödorna att mylla gödsel i är bland annat majs, men även stråsäd. Konkurrenterna kan redan idag erbjuda detta alternativ till sina kultivatorer. Därför genomför vi nu ett examensarbete tillsammans med Väderstad AB för att undersöka möjligheterna och fördelarna, samt nackdelarna med att placera gödning med kultivator. Vårt arbete kommer vara den teoretiska grunden kring gödselplacering som Väderstad kommer att använda sig av i deras arbete med att ta fram en gödningsbill till sina kultivatorer.

### **3.2 Mål och frågeställning**

Målet med arbetet är att undersöka hur gödningsbillens placering på en kultivatorpinne (billhöjden) påverkar var i markprofilen som gödningen blir placerad. Vår strävan är att undersöka skillnader i gödningsplacering genom att släppa gödningen på olika höjder över bearbetningsbotten på en kultivatorpinne (billhöjden). Genom att göra ett enklare fälttest där tre gödningsbillar testas ska skillnaderna dokumenteras.

### **3.3 Avgränsning**

I arbetet kommer vi att undersöka gödselplacering/myllning före sådd av jordbruksgrödor. Gödselplacering rent generellt är ett stort arbete som rör gödselprodukter allt ifrån stallgödsel från djur till mineralgödsel som är kemiskt framställt. De finns även olika typer av stall- och mineralgödsel så som fast eller flytande form. Vi har valt att avgränsa vår studie till att skriva om mineralgödselplacering.

Arbetet kommer att handla om för- och nackdelar med att placera gödning i jorden. Vi kommer inte att ta upp några miljöeffekter av detta. Vi kommer inte heller att beröra om det är ekonomiskt försvarbart att göra på endera sättet utan istället helt inrikta oss på att förstå gödningens inverkan på grödor. Vi kommer att avgränsa oss till att undersöka hur gödseln placeras i markprofilen.



## 4 LITTERATURSTUDIE

### 4.1 Gödselplacering

Den europeiska marknaden har under lång tid använt flera alternativa gödselmedel samtidigt som vi i Sverige har varit begränsade av det lilla utbudet som har varit lönsamt att transportera hit. Det har gjort att flera stora europeiska maskintillverkare har utvecklat system för dessa alternativa gödselmedel. De har framför allt fokuserat på att kunna placera pelleterad gödsel med kultivatorer, men det finns även system där man kan hantera flytande produkter och restavfall. Lantbrukare är mycket mer medvetna idag och ställer höga krav på avkastning och ekonomiska resultat vilket gör att man vill kunna minska användandet av mineralgödning och samtidigt få ut maximalt av den gödsel som används (Niléhn, 2013). En annan viktig faktor till att det är vanligare med myllning av gödselprodukter i södra Europa är att det är betydligt torrare klimat, vilket gör att effekten av att placera gödsel i fuktig jord är betydligt viktigare (Pennstate Extension, 2015).

Växtodling är ett komplext samspel mellan ekonomi, biologi och teknologi. Man söker efter att stimulera växterna till att ha så stor rotutveckling som möjligt, för att på så sätt kunna ta upp mer näring. Att kunna placera gödning på rätt ställe i marken är avgörande för stor skörd (Jordbruksverket, 2008). Kväve har relativt lätt för att röra sig i jorden och det är därför av mindre vikt att placera kvävet på rätt ställe. I jorden omvandlas ammonium till nitrat med hjälp av mikroorganismer genom nitrifikation. Om kvävet blir liggandes på markytan när det blir varmt så kan ammonium avgå som ammoniak och då blir det en ekonomisk förlust samtidigt som det bidrar till ett sämre klimat (Weidow, 1998). Det finns många olika typer av gödslingsmetoder och nedan följer de vanligaste.

#### 4.1.1 Bredspredning

Bredspredning är en metod där man använder t.ex. en centrifugalspridare innan man bearbetar marken inför sådd. Den här tekniken har hög kapacitet vid spridning, men man förlorar däremot mer kväve igenom ammoniakavgång. Fosfor (P) får en betydligt lägre utnyttjandegrad 1/3. (NRCCA, u.å.)

#### 4.1.2 Radmyllning

”Radmyllning innebär att gödseln myllas i rader. Dessa rader behöver inte ha samband med utsädesraden. Man kan tex med en radmyllare köra på tvärs jämfört med såmaskinen. Myllningsdjupet är inte specificerat, men för att få bra radmyllningseffekt förutsätts att det är minst lika djupt som sådjupe” (Bertilsson, 1996)

Radmyllning är ett samlingsbegrepp som förklarar en teknik där man placerar gödning i rader i marken. Radmyllning är oberoende av om man sår vid samma tillfälle. De engelska orden för radmyllning är ”band application” och är en bättre förklaring av tekniken. I radmyllning så lägger man gödning i en sträng (band) (NRCCA u.å.). Rad kommer från ordet rada och betyder ”placera i rad” (Svenska akademien, 2016).

### **4.1.3 Kombisådd**

Kombisådd är en av de vanligaste metoderna i norra Europa och innebär att man i samband med sådd placerar NPK (kväve, fosfor och kalium) i närheten av utsädet. Antigen så placeras gödningen vid sidan av eller under utsädet. Då kan man lägga en hög giva kväve utan att skada fröet. Eller så läggs en mindre giva i samma bill som utsädet (sammyllad giva), men då är det bara en mindre startgiva. (NRCCA u.å.)

### **4.1.4 Injektion**

Injektion är en metod där man pumpar ner flytande kväve eller leder ner ammoniak i markprofilen för att placera gödningen nära växtens rötter för att minska förlusterna. Flytande kväve kan även sprutas ut med vanlig växtskyddsspruta. (NRCCA, u.å.)

## **4.2 Radmyllningens effekter**

Det finns flera fördelar med att mylla gödselprodukter. Gödningen kommer i kontakt med markfukten på en gång och slipper vänta på att det skall börja regna. Eftersom gödningen myllas med ett jämt avstånd och på ett fast djup, kommer risken minska för att gödning som kalium och fosfor fastläggs i marken. Vidare fås en jämn gödningsplacering som bidrar till att grödan blir mogen samtidigt och risken för grönskott minskar radikalt. (Weidow, 1998)

I ett torrare område så kan skillnaden i skörd vara upp till 10 % bättre vid radmyllning och kombisådd än vid bredspridning, men skillnaden blir mindre i ett område med betydligt mer nederbörd. Några fler fördelar med kombisådd är fler arbeten i en överfart och sänkt investeringskostnad (Weidow, 1998). Med kombisådd vill man uppnå en så hög kontakt mellan gödselmedlet och växtens rötter som möjligt, utan att få skador på växten eller missgynna groningen. För att kunna optimera så väl skörd som näringsupptag vill man kunna placera gödseln där det finns som mest rötter eller där näringsämnen lättast kan transporteras till rötterna. (Jones & Jacobsen, 2003)

Vid djupkultivering och placering av gödning på 10 – 15 cm djup, så har det inte upptäckts någon större skillnad i skörd vid försök i USA (Alston, 1976). När man kultiverar djupt och samtidigt placerar gödningen på bearbetningsbotten så stimuleras rötterna till att söka sig djupare och på så sätt komma åt näringen (Jordbruksverket, 2004). Men att det i sig skulle ha en så stor påverkan på skördenivån tror man inte. Det är snarare kultiveringen som luckrar jorden djupt som är bra för växterna. Rotutvecklingen stimuleras till att bli djup och kraftigt. Växterna tar inte bara upp de näringsämnena som tillförts ytligt, utan växten stimuleras till att utnyttja näringsämnena som finns i hela markprofilen. Med ett stort och djupt rotsystem så fås inte bara fördelar när det kommer till näringsupptag utan också en betydande fördel av ett stort rotsystem när man kommer in i en torrare period och då vattnet blir svårare att få tag på. Har man djupkultiverat till vår- och höstgrödor så har det också bidragit till en god dränering vilket i sin tur leder till att växten måste söka sig på djupet för att nå fukt och har då fått den stora och kraftiga rotutveckling som man önskat. (Alston, 1976)

Vid kvävegödsling är det många parametrar som är viktiga, men i det här arbetet undersökte vi enbart ifall placeringen av gödningen var bättre eller sämre vid olika billhöjder. Det brukar sägas att vid kombisådd kan totalgivan minskas med ca 10 %. Desamma gäller också om man myllar kalksalpeter, då kan man också sänka gödningsgivan med ca 10 %. (Yara, 2016)

Djup placering av kväve ger ett bra resultat om man har låg markfukt. Det vill säga i områden där det är torr vinter och blir försommartorka. Vid blöta förhållande kan det med samma resultat läggas kväve i ytan. ( Jones & Jacobsen, 2003)

Fosfor och kalium är hårdare bundet i marken än vad kväve är, vilket gör att det är viktigt att rötterna kommer åt de platser som fosfor och kalium finns på. Det finns en buffert som är betydligt större hos fosfor och kalium än hos kväve. Detta gör att enskilda år inte behöver ha en så precis giva av fosfor och kalium, utan marken buffar det under normala förhållande. (Fogelfors, 2001)

Vid radmyllning av fosfor blir näringen mer tillgänglig för växten, eftersom jordkontakten minskar, till skillnad vid bredspridning. En ökad kontakt med jorden leder till att fosfor fixeras. Radmyllning ökar även chansen att aktiva rötter får kontakt med fosfor och får på så vis ett högre upptag i växten. Det högre upptaget vid radmyllning kan även förklaras med att fosfor inte kan mobiliseras på samma sätt som kväve har förmågan att göra. Därmed får radmyllningen effekt på fosforupptaget tack vare att den placeras så att rötterna lättare får kontakt. (Jones & Jacobsen, 2003)

Kalium rör sig med markvätska men i liten mängd. Kalium fungerar som en katalysator för salt i växterna och därmed så styr kalium mycket av näringstransporten i växterna. Vid en hög kaliummängd lagrar växten in mer socker. Det bidrar till att växten får en lägre fryspunkt och klarar av vintern bättre. K/Mg kvoten är ett viktigt mått när man skall mäta om kaliummängden är för stor eller liten i jämförelse med magnesium. En för hög halt av kalium gör att magnesium blir utkonkurrerat och då förlorar växten magnesium (Olsson, 2008). Störst effekt av radmyllningen uppnås när markens buffert av kalium är låg. Dock är direkt kontakt med utsädet skadligt, så därför bör kalium placeras vid sidan om utsädet. (Jones & Jacobsen, 2003)

## **4.3 Olika grödors påverkan vid radmyllning**

### **4.3.1 *Spannmål***

När det diskuteras radmyllning och spannmål så är det oftast vårsådd spannmål och vårkorn som ligger nära till hands. Försök med radmyllning av vårspannmål och framförallt vårkorn har gjorts en lång tid med början av 1960- och 1970-talet. Det samlade försöksmaterialet visar på att det finns en positiv effekt av att radmylla i form av skördeökning (knappt 10 %). Skördeökningen kan variera något beroende på var i Sverige man befinner sig och hur mycket näringsämnen som finns buffrade i marken. Störst effekt nås på försommartorra områden. (Mattsson, 1993). Anledningen till den ökade skörden är att näringsämnena får bättre kontakt med rötterna. För att få maximal skördeökning av radmyllningen är det viktigt att placera gödningen rätt i förhållande till fröet. För långt ifrån ger mindre skördeökning och för nära ger skördetapp. Optimal placering av gödningen är 6 cm sidan om fröet och 3 – 6 cm djupare än fröet. (Mattsson, 1993)

### **4.3.2 Oljeväxter**

Vid odling av oljeväxter som höstraps och vårraps är det extra viktigt att veta placering av gödselmedel och vilka gödselmedel som tillförs. Forskning visar att N, P, K, S, Mg och B är de viktigaste näringsämnena som måste finnas tillgängliga vid rapsodling. Om gödselmedlet läggs på ytan och det blir en blöt höst och vår så kommer inte rötterna att söka sig djupt ner, utan det kommer att utvecklas ett grunt rotsystem. Vid torka senare på växtsäsongen kommer detta kunna ge brist på både vatten och näring till plantan. Vattnet är svårt att göra något åt om man inte har tillgång till bevattningsanläggning. Näringsämnen som inte finns tillgängliga går att kompletteringsgödsla upp under säsongen. Det är viktigt att rapsen får lättillgänglig fosfor redan under de första 2-6 veckorna efter sådden, för att säkerställa en god tillväxt och bladutveckling på hösten, samt lång och stor blomning på sommaren. Man skall inte sammylla rapsen med gödsel då den är känslig mot de höga salthalter som mineralgödsel innehåller. (Svenskraps, 2008)

### **4.3.3 Sockerbetor**

Sockerbetor ger högre skörd när gödningen radmyllas eller kombisås jämfört med att bredsprida den och harva ner den innan sådd (Mattsson, 1993). En annan effekt av att radmylla gödning till sockerbetan är en förbättrad odlingsekonomi på grund av att det går att reducera kvävemängden. Genom att radmylla gödningen uppnås en bättre kväveeffektivitet, vilket medför att det går att reducera kvävegivan från 100-120 kg N per ha till 80-100 kg N per ha. (Nordic Sugar, u.å. a) Optimal gödningsplacering för sockerbetor är 6 cm sidan om fröet och 3-6 cm djupare än fröet. (Nordic Sugar u.å. b)

## 4.4 Kultivator med myllningsfunktion

Företag som erbjuder konceptet med nedmyllning av gödning med kultivator är bland annat Amazonen-Werke GmbH & Co, Köckerling GmbH & Co och Horsch Maschinen GmbH. Man kan dela in dem i två huvudgrupper. Den ena är maskiner som bär gödningen i fronten på traktorn och den andra bär gödningen i en tank mellan traktorn och kultivatoren.

### 4.4.1 Amazone

Amazonen har en behållare som kopplas i trepunktslyften bak på traktorn. Kultivatoren är av modellen Cenius TX och har en gödningsbill som sitter monterad bak på kultivatorpinnen. Billen är konstruerad av sammanfogade plåtar som bildar en kanal som leder ner gödningen till bearbetningsbotten. Gödningen placeras på bearbetningsbotten eftersom billen sitter bak på kultivatorpinnen och går därmed i skuggan av kultivatorpinnen. Gödningsbillen har en detalj som gör att det går att välja var gödningen ska placeras. Genom att flytta en plåtbit i övergången mellan slangen som transporterar gödningen till billen blir det möjligt att välja om gödningen ska placeras på ytan eller på bearbetningsbotten. Det finns även ett läge för att dela givan så att hälften kommer i ytan och hälften hamnar på bearbetningsbotten. Kultivatoren har en pinnindelning på 28 till 30,7 cm beroende på arbetsbredd. Arbetsdjupet är mellan 8 och 30 cm. Bakom dessa kultivatorpinnar finns utjämningsstallrikar för att lämna efter sig en jämn yta. Till sist finns en rad olika packarvalsar att välja mellan beroende på jordart och mängd sten, för att kunna lämna en jämn och återpackad yta. (Amazone, u.å) (Se bilder: <http://www.amazone.net/4725.asp>)

### 4.4.2 Horsch

Horsch har ett liknande koncept där gödningsbehållaren är kopplad i traktorns bakre trepunktslyft. Horsch har valt att använda kultivatoren Terrano FM för att mylla gödningen i sitt koncept. Kultivatoren finns i arbetsbredder från 5 till 12 m och med ett arbetsdjup mellan 5 och 30 cm. Även Horsch gödningsbill sitter monterad bak på kultivatorpinnen och är konstruerad av sammanfogade plåtar som bildar en kanal som leder ner gödningen till bearbetningsbotten. Gödningen hamnar på bearbetningsbotten eftersom billen sitter bak på kultivatorpinnen och går därmed i skuggan av kultivatorpinnen. Liksom på Amazonens gödningsbill går det även på Horsch's bill att flytta en plåtbit i övergången mellan slangen som transporterar gödningen till billen och välja om gödningen ska placeras grunt, på bearbetningsbotten eller 50:50 på de olika djupen. Kultivatoren liknar Amazonen i sitt utförande med pinnindelning på 27-28 cm beroende på arbetsbredd, utjämningsstallrikar och en rad olika alternativ av återpackningsvältar. (Horsch, u.å) (Se bilder: <http://www.horsch.com/en/products/components/soil-cultivation/partner-ht/>)

### 4.4.3 Köckerling

Köckerlings konstruktion av radmyllning är lik den som Horsch och Amazone har. En gödselbehållare finns bak i traktorns trepunktslyft. För att mylla ned gödningen i marken har Köckerling valt en lite enklare metod där de har monterat ett rör bakom pinnen som placerar gödningen på bearbetningsbotten i skuggan av kultivatorpinnen. Köckerling har monterat gödningsbillen på sin kultivator Vector som har en arbetsbredd på 4,6 till 9 m. Den kan arbeta ner till 35 cm. Pinnindelningen på kultivatoren är 27 cm och efter kultivatorpinnarna sitter

andra pinnar som är utformade för att jämna till ytan. Avslutningsvis trycker en packvält till ytan. Till skillnad från de andra fabrikaten som nämns ovan finns bara ett vältalternativ. (Köckerling, u.å) (Se bilder: <http://www.koeckerling.de/de/produkte/sae-technik/boxer/konzept.html>)

## 4.5 Väderstads kultivatorer

Väderstad planerar att utveckla kultivatorer med radmyllningsfunktion. Man sätter en behållare för gödning fram på traktorn samt anpassar gödningsbillar till olika kultivatorpinnar. Här nedan beskrivs två av de kultivatorer som för förnärvarande är tänkta att erbjudas med detta system. Till skillnad från Amazone, Köckerling och Horsch som har sin gödningsbehållare monterad i traktorns bakre trepunktslyft kommer Väderstad montera sin gödningsbehållare i fronten på traktorn.

### 4.5.1 *Cultus*

Väderstads kultivator Cultus (se figur 1) är den näst största av kultivatorer som Väderstad bygger. Cultus jobbar ner till 25-30 cm djup med en pinne som är utformad på sådant sätt att den skall bryta loss jorden och blanda den väl. Den har en arbetsbredd mellan 3 och 5 meter och en pinnindelning på 20 till 30 cm beroende på arbetsbredd. Längst bak på kultivatorn sitter det tallrikar som har som uppgift att jämna ut jorden bakom maskinen. Hela konstruktionen är upphängd med Väderstads egen lösning med gummibussningar för avfjädring så att den är tryckt mot marken samtidigt som det finns gott om utrymme för tallriken att fjädra upp vid sten eller andra fasta föremål. För att få ogräs att gro eller att hjälpa maskar att få tillgång till växtrester så har Väderstad monterat en stål- eller gummivält längst bak på kultivatorn. Välten finns i olika modeller, för olika förhållanden, så att kunden själv kan välja vad som passar jorden som brukas. (Väderstad, u.å. a)



Figur 1 – Väderstad Cultus (Väderstad AB, u.å)

#### 4.5.2 TopDown

Väderstads kultivator TopDown (se figur 2) är för närvarande företagets största kultivator med arbetsbredder från 3 till 9 meter och med ett arbetsdjup ner till 40 cm. TopDown är utvecklad för att kunna utföra både grund och djup bearbetning och med full genomskäring i samma överfart. För att uppnå detta har maskinen två rader med koniska tallrikar längst fram på maskinen som skär av det översta jordlagret och blandar in skörderester. Efter tallrikarna sitter pinnar som bryter upp och luckrar jorden samt blandar in växtrester i hela profilen. Pinnindelningen är 27 cm på kultivatoren. För att uppnå 40 cm arbetsdjup krävs det att man monterar en så kallad deep looseningpets som arbetar under den vanliga spetsens djup. Efter pinnarna sitter utjämningsstallrikar som är avfjädrade med gummi för att klara av sten. Utjämningsstallrikarna har till uppgift att jämna ut de åsar som sista raden pinnar har skapat. Sist på TopDown sitter en återpackningsrulle för att bevara markfukt och göra så att ogräsfröna får kontakt med jorden och kan gro. Återpackningsvältens tryck går att ställa beroende på vilken grad av återpackning man önskar. Det går även att montera av välten om ingen återpackning önskas. (Väderstad, u.åb)



Figur 2 – Väderstad Top-down (Väderstad AB, u.å)

## 5 MATERIAL OCH METOD

Vi genomförde fälttester där vi undersökte var i profilen som mineralgödningen placeras vid olika utsläppspunkter över bearbetningsbotten (billhöjder). Vi utförde testen den 29/4-2016 och den 9/5-2016 i Östergötland i anslutning till Väderstad. Jordarten bedömdes som sandig morän. Förhållandena under testerna var 8°C den 29/4 med delvis uppehåll med inslag av regn. Den 9/5 var temperaturen 17°C och soligt.

Kultivatoren som användes i testen var en TopDown 500 (se figur 3). Kultivatoren har 18 pinnar och 27 cm pinnindelning. Testerna utfördes med ett arbetsdjup på 15, 20 och 25 cm. Med arbetsdjup menas hur djupt som kultivatorpinnarna arbetar. För att kontrollera arbetsdjupet stannade vi kultivatoren med pinnarna på arbetsdjup och stack ner en tumstock bakom ett antal pinnar, jämnade ut fåran som pinnen bildat och mätte mot marknivån. Testerna utfördes i en hastighet av 10 km/h. En traktor med 200 hästkrafter användes vid testen.



*Figur 3 – TopDown 500 med gödningsutrustning som användes i samtliga tester. (Gustav Hilmér 2016)*

De tre gödningsbillarna som användes i testerna (se figur 4, 5 och 6) sitter monterade på olika höjder och med något olika vinklar beroende på var på kultivatorpinnen de är monterade. Billarna sitter monterade med olika vinklar eftersom pinnen lutar i sin konstruktion. Alla billarna var i stort sett identiska i utseende med en slits i bakkant på billen som är till för att evakuera luft. Det enda som skiljer billarna åt är monteringshöjd på pinnen och lutning. Billarnas monteringshöjd är angiven från kultivatorpinnens bearbetningsbotten, till nedkant på billen. Vi delade in kultivatoren i tre sektioner där vi placerade samma typ av gödningsbill tre i bredd i varje sektion för att med säkerhet få bra resultat på den som var placerad i mitten på varje sektion.

Bill nr 1 (se figur 4) är monterad med en svaglutning framåt och 13 cm över bearbetningsbotten. Gödningen kommer troligtvis placeras på bearbetningsbotten.



Bill nr 2 (se figur 5) är monterad med ett nersläpp som är rakt nedåt och 29 cm över bearbetningsbotten. Gödningen kommer troligtvis placeras på bearbetningsbotten på grund av den raka placeringen.

Bill nr 3 (se figur 6) har ett nedsläpp som är monterat rakt nedåt och 34 cm över bearbetningsbotten. Gödningen kommer troligtvis mixas in i jordprofilen med koncentration i de understa fem centimetrarna från bearbetningsbotten med tanke på monteringshöjden och lutningen på billen.



*Figur 4 – Bill nr 1. Billen är monterad med en svag lutning framåt och 13 cm över bearbetningsbotten, (Gustav Hilmér 2016)*



*Figur 5 – Bill nr 2. År monterats med ett nersläpp som är rakt nedåt och 29 cm över bearbetningsbotten. (Gustav Hilmér 2016)*



*Figur 6 – Bill nr 3. Billen har ett nedsläpp som är monterat rakt nedåt och 34 cm över bearbetningsbotten. (Gustav Hilmér 2016)*

Teoretiskt så är några av billarna över marknivån. Men vid körning så vallar jorden såpass mycket att billen ändå sitter under jordnivån. Testen repeterades tre gånger vilket ger ett samlat antal mätningar av 27 st. Fältet som testerna utfördes på var 200 m långt och vi körde ca 50 meter innan vi stannade för att mäta, detta upprepades tre gånger per arbetsdjup. Vid alla tillfällen användes en giva på cirka 400 kg/ha med höstvet. Vi använde vete istället för gödning eftersom inget skulle sås på fältet. För att få en mer precis uppfattning om var vetet placerades så användes spade och tumstock. Val av plats för grävningen gjordes slumpmässigt. Kravet var dock att på grävningsplatsen skulle kultivatoren framförts med en hastighet av 10 km/h. Grävningen gjordes systematiskt för hand eller med kniv genom att skrapa och gräva bort ett så tunt lager jord som möjligt för att vara säkra på att inte missa några vetekärnor. När vi hittade ett frö lades en 1 m lång spade över hålet för att få ett så rättvisande mått från marknivån som möjligt. Efter att ha lagt ut spaden så mätte vi från undersidan av spadskäftet och ner till dit fröet var placerat för att få exakt mätning. Detta upprepades tills bearbetningsbotten var nådd. Alla höjder dokumenterades och sammanställdes för att bli underlag till vår rapport. Med siffermaterialet som samlades in under testerna beräknades median, medelvärde och standardavvikelse. Vi utförde testerna på tre olika arbetsdjup med tre olika billar.

## 6 RESULTAT

Vid de fälttester som vi genomförde så fick vi ett antal olika mätuppgifter som vi har samlat i tabell 1, 2 & 3. I tabell 1 på 20 cm arbetsdjup så är standardavvikelsen störst av de tre tester som vi utfört, vilket talar om att vi har en stor spridning i mätpunkter i det försöket. Samtliga tester med billtyp 1 så är standardavvikelsen 0, vilket betyder att vi fick en samlad gödningsplacering på arbetsbotten. I tabell 2 på 15 cm arbetsdjup så är standardavvikelsen minst för bill 2 & 3. Vid samtliga tester framkommer det att större delen av vetegivan placeras nära bearbetningsbotten och inga outliers förekom.

### Resultat från testerna 29/4 – 2016 med 20 cm arbetsdjup (se tabell 1).

*Tabell 1 – Gödningsplaceringsresultat (20 cm) ifrån tester 29/4-2016*

Bill 1: Billplacering på 13 cm från bearbetningsbotten, pinnens arbetsdjup på 20 cm resulterade i en placering på 20 cm. Det vill säga på bearbetningsbotten.

Bill 2: Billplacering på 29 cm från bearbetningsbotten. Pinnens arbetsdjup på 20 cm resulterade i en medelplacering på mellan 14 och 20 cm med majoriteten på bearbetningsbotten.

Bill 3: Billplacering på 34 cm från bearbetningsbotten. Pinnens arbetsdjup på 20 cm resulterade i en placering på mellan 8 och 20 cm med en jämn spridning mellan övre djupet och bearbetningsbotten.

Bill	1	2	3
Arbetsdjup (cm)	20	20	20
Billhöjd från bearbetningsbotten (cm)	13	29	34
Medelplaceringsdjup (cm)	20	16,7	14,7
Standardavvikelse (cm)	0	3,1	6,1

### Resultat från testerna 10/5-2016 med 15 cm arbetsdjup (se tabell 2).

Bill 1: Billplacering på 13 cm från bearbetningsbotten. Pinnens arbetsdjup på 15 cm resulterade i en placering på 14 till 15 cm, det vill säga på bearbetningsbotten.

Bill 2: Billplacering på 29 cm från bearbetningsbotten. Pinnens arbetsdjup på 15 cm resulterade i en placering på 14 till 15 cm, det vill säga på bearbetningsbotten (se bild nedan).

Bill 3: Billplacering på 34 cm från bearbetningsbotten. Pinnens arbetsdjup på 15 cm resulterade i en placering på 14 till 15 cm, det vill säga på bearbetningsbotten.

Tabell 2 – Gödningsplaceringsresultat (15 cm) ifrån tester 10/5-2016

Bill	1	2	3
Arbetsdjup (cm)	15	15	15
Billhöjd från bearbetningsbotten (cm)	13	29	34
Medelplaceringsdjup (cm)	15	14,5	13,7
Standardavvikelse (cm)	0	0,5	0,58

### Resultat från testerna 10/5-2016 med 25 cm arbetsdjup (se tabell 3).

Bill 1: Billplacering på 13 cm från bearbetningsbotten. Pinnens arbetsdjup på 25 cm resulterade i en placering på 25 cm, det vill säga på bearbetningsbotten.

Bill 2: Billplacering på 29 cm från bearbetningsbotten. Pinnens arbetsdjup på 25 cm resulterade i en placering på mellan 21 och 25 cm, med majoriteten på bearbetningsbotten.

Bill 3: Billplacering på 34 cm från bearbetningsbotten. Pinnens arbetsdjup på 25 cm resulterade i en placering på mellan 20 och 25 cm. Med en jämn spridning mellan övre djupet och bearbetningsbotten.

Tabell 3 – Gödningsplaceringsresultat (25 cm) ifrån tester 10/5-2016

Bill	1	2	3
Arbetsdjup (cm)	25	25	25
Billhöjd från bearbetningsbotten (cm)	13	29	34
Medelplaceringsdjup (cm)	25	23	22,7
Standardavvikelse (cm)	0	2	2,5

## 7 DISKUSSION

Vi kan av litteraturstudien se en stor fördel i att placera gödning på ett djup mellan 5 och 30 cm av många anledningar, så som rotutveckling och näringsupptag. Det man kan konstatera är att förutsättningarna för att placera gödning skiljer sig stort i världen då regler och traditioner är väldigt olika. Vår studie visar att det lämpar sig bättre att djupplacera gödning på torra områden för att gynna rotutvecklingen. Rötterna blir mer djupgående och kan hämta vatten längre ner i markprofilen.

Vi har i våra tester kunnat se att det skiljer sig om man väljer att placera gödningsbillen högt upp eller långt ner på kultivatorpinnen. Vid testerna så kom vi fram till att med en djupt placerad gödningsbill kommer vi med stor sannolikhet få gödning i en sträng på bearbetningsbotten. Om billen placeras högre upp på kultivatorpinnen kommer vi att få en viss inblandning i hela profilen, men merparten placeras på eller i närheten av bearbetningsbotten. Även billens vinkel har betydelse för placeringsprecisionen. Är strävan att få gödningen placerad i en sträng på bearbetningsbotten bör gödningsbillen sitta så nära bearbetningsbotten som möjligt utan att den är i vägen eller stör jordflödet. Är målet att få gödningen mer spridd från bearbetningsbotten och upp genom markprofilen bör billen sitta längre upp på kultivatorpinnen och eventuellt vara riktad något bakåt. Att blanda upp gödningen i markprofilen och inte bara lägga allt i en sträng på botten skulle kunna vara bra för växten då den får tag på lite näring hela tiden.

Under testerna upptäckte vi att luften från billen påverkar precisionen i gödningsplaceringen. Eftersom gödningsbehållaren sitter fram på traktorn blir sträckan att transportera gödningen lång, vilket kräver högt lufttryck. Det höga lufttrycket bidrog till att vetekärnorna ville studsas lite vid vårt test, samt att det blev viss turbulens runt billen. Det upplevdes som en mindre exakt placering. Något som skulle vara bra att utreda är möjligheten att evakuera luften innan billen för att få en mer precis gödselplacering.

När vi har utfört testerna har vi haft vissa problem i själva mätningen, Vi har använt vete istället för gödning när vi har utfört testerna. Det har varit svårt att hitta kärnorna på grund av att det var relativt mycket växtrester på platsen där testet utfördes. Det hade varit enklare att använda ärtor istället för vete, eftersom ärtorna är lite större och förmodligen syns tydligare. En annan sak som kan ha påverkat resultatet vid testerna är att vi använde en traktor som var mindre än vad som är rekommenderat till den typen av kultivator. Det resulterade i en hastighetsskillnad på 2 km/h mellan 15 cm och 25 cm arbetsdjup. Vi tror att det kan ha påverkat resultatet eftersom jordflödet från kultivatorpinnarna ändras vid olika hastigheter.

Testerna av gödningsbillarna och gödningens placering är utförda på relativt torr sandjord. Frågan är om resultatet på det utförda testet hade skiljt sig mycket om testet hade varit utfört på en styvare jord.

Arbetet behöver kompletteras med ett eller flera studier som handlar om långtidseffekterna av att placera gödning på djupet, för att säkerställa att man inte får mer eller annan typ av urlakning i marken. Förslag på studie om hur mycket näring som växterna behöver för att komma igång och nå det djup som man placerar huvuddelen av gödningen på. Därmed skulle man kunna göra en bill som delar de gödningsmängder som behövs på ytan, för att växten skall komma igång, och resten av gödningen placeras på djupet. Det hade även varit intressant att göra en ekonomisk beräkning på hur mycket eller om man tjänar på att radmylla gödning med kultivator samt en beräkning om det finns någon tidsvinst med systemet.

Eftersom vi hade begränsat med tid så fick vi lämna denna fråga. En annan viktig del som vi inte testade men fick problem med, var att det var väldigt lite utrymme i ramen på Väderstads kultivatorer, vilket gjorde att när kultivatorpinnen löste ut för sten så fick gödningsbillen antingen skador eller blev helt demolerad.

Om man skall se på de två kultivatorer som vi har undersökt, så tycker vi att de är lämpliga att fortsätta med. De har en pinnindelning som är bra för den här typen av jobb samtidigt som man kan ha flera typer av spetsar för olika bearbetningssätt och ändå ha möjligheten att placera gödning.

Målet med examensarbetet var att prova tre olika höjder för gödningsbillen på kultivatorpinnen för att undersöka gödningsplaceringen. Med våra tester tycker vi att det går att påvisa skillnader vid olika nedsläppshöjder på gödningsbillen, vilket kan vara till nytta vid val av bearbetningsdjup och gödningsbillens nedsläppspunkt.

Det finns många olika önskningar från lantbrukare världen över vad gäller gödselplacering. Vi har i vårt arbete bara skrivit om effekterna av gödningsbillens olika höjder på kultivatorpinnen. Det är många andra faktorer som påverkar om det blir en bra eller önskvärd gödselplacering. Utifrån Väderstads önskemål har vi undersökt olika alternativ till gödningsplacering så som olika djup och delade givor. Vi har lämnat ett förslag till Väderstad på tre olika typer av gödningsbillar och alla har olika utformningar. Den ena är en bill som kan bredsprida under en gåsfot, den andra är en bill som lägger gödningen mitt i profilen på två sidor av spåret efter kultivatorns pinne och den tredje är en bill som har till uppgift att lägga allt på bearbetningsbotten.

## 8 REFERENSER

Alston, A.M. (1976). *Effects of depth of fertilizer placement on wheat grown under three water regimes*. vol. 27 (1), ss. 1-10. Tillgänglig:  
<http://www.publish.csiro.au/paper/AR9760001.htm>

Amazone. (u.å.). *Xtender*. Tillgänglig: <http://www.amazone.net/4759.asp> [2016-03-19]

Bertilsson, G. (1996). *Kombisådd/radmyllning av kväve och fosfor*. Sverige: Växtpressen (Växtpressen rapport, 1996:1)

Fogelfors, H. (2001). *Växtproduktion i jordbruket*. 1 uppl. Borås: Natur och Kultur/LTs förlag.

Horsch. (u.å.). *Partner HT*. Tillgänglig:  
<http://www.horsch.com/produkte/komponenten/bodenbearbeitung/partner-ht/> [2016-03-19]

Jones, C. & Jacobsen, J. (2003). [[www.montana.edu/wwwpb/pubs/mt444911.pdf](http://www.montana.edu/wwwpb/pubs/mt444911.pdf)] 2005-05-21. Alt. Montana State University Extension service, publikation 4449-11.

Jordbruksverket. (2008). *Växtnäringsstyrning*. Jönköping: Jordbruksverket [Broschyr]  
Tillgänglig:  
[http://www2.jordbruksverket.se/webdav/files/SJV/trycksaker/Pdf\\_ovrigt/P9\\_6.pdf](http://www2.jordbruksverket.se/webdav/files/SJV/trycksaker/Pdf_ovrigt/P9_6.pdf) [2016-04-29]

Jordbruksverket. (2004). *Fosfor i ekologiskt lantbruk*. Uppsala: Jordbruksverket. [Broschyr]  
Tillgänglig:  
<http://www.greppa.nu/download/18.23f3563314184096e0d2d27/1381489851213/Fosfor+i+e+ekologiskt+lantbruk+Jordbruksverket+2004.pdf> [2016-05-11]

Köckerling. (u.å.). *Boxer*. Tillgänglig:  
[http://www.koeckerling.de/fileadmin/dateien/Prospekte\\_tg/Prospekte\\_DE/1095\\_Boxer\\_DE.pdf](http://www.koeckerling.de/fileadmin/dateien/Prospekte_tg/Prospekte_DE/1095_Boxer_DE.pdf) [2016-03-28]

Mattsson, L. (1993). *Kombisådd och radmyllning. Meddelande från Södra jordbruksförsöksdistriktet*. (40) Tillgänglig:  
[http://www.vaxteko.nu/html/sll/slu/meddelande\\_sjfd/MSJ40/MSJ40H.HTM](http://www.vaxteko.nu/html/sll/slu/meddelande_sjfd/MSJ40/MSJ40H.HTM) [2016-05-10]

Nordic Sugar. (u.å. a). *Behov och gödslingsråd N*. Tillgänglig:  
[https://www.sockerbetor.nu/irj/portal/nordzucker/sv?NavigationTarget=navext\(ROLES://portal\\_content/nz\\_agri/admin/navigation/rl.base/c64280c6-1506-4204-8f53-5e4bdea5de2b|OPENTEXT\\_EXTERNAL://\\_OT-DS-Server\\_agriportal/09FF2B7B1FBB49C2BA18FFFF0074AB73--recursion=0/~//9D894AC125C8451784F044BAA7BDA950/C67AA3DB8EA34EBFA7E9084B0F515EDF/454225C4FD7E4D59ADE18DA984D589ED\)&sapDocumentRenderingMode=Edge&>windowId=WID1461771877675&NavMode=0](https://www.sockerbetor.nu/irj/portal/nordzucker/sv?NavigationTarget=navext(ROLES://portal_content/nz_agri/admin/navigation/rl.base/c64280c6-1506-4204-8f53-5e4bdea5de2b|OPENTEXT_EXTERNAL://_OT-DS-Server_agriportal/09FF2B7B1FBB49C2BA18FFFF0074AB73--recursion=0/~//9D894AC125C8451784F044BAA7BDA950/C67AA3DB8EA34EBFA7E9084B0F515EDF/454225C4FD7E4D59ADE18DA984D589ED)&sapDocumentRenderingMode=Edge&>windowId=WID1461771877675&NavMode=0) [2016-04-27]

Nordic Sugar. (u.å. b). *Balanserad gödsling*. Tillgänglig:  
<https://www.sockerbetor.nu/irj/portal/nordzucker/sv?NavigationTarget=navurl://ae9fa88c6c9c2c72b04bcd6c3958c8d2> [2016-04-27]

Niléhn, A. (2013). *Flytande gödning direkt i marken*. Niléhnteknik.se. 19 juni. Tillgänglig: <http://www.lantbruksnytt.com/flytande-godning-direkt-i-marken/> [2016-03-27]

NRCCA. (u.å.). *Competency Area 4*. Tillgänglig: <http://nrcca.cals.cornell.edu/nutrient/CA4/CA0434.php> [2016-04-29]

Olsson C.M. (2008) *Kalium - ett viktigt makronäringsämne*. Tillgänglig: [http://www.vaxteko.nu/html/sll/hydro\\_agri/vaxtpressen/VPN08-2/VPN08-2E.PDF](http://www.vaxteko.nu/html/sll/hydro_agri/vaxtpressen/VPN08-2/VPN08-2E.PDF) [2016-05-29]

Pennstate Extension. (2015-05-05). *Nitrogen application in warm, dry weather*. Tillgänglig: <http://extension.psu.edu/plants/crops/news/2015/05/nitrogen-application-in-warm-dry-weather> [2016-03-28]

Svenska akademien. (2016). *Svenska ord*. Tillgänglig: <http://www.svenskaakademien.se/svenska-spraket/svenska-akademiens-ordlista-saol/saol-13-pa-natet/sok-i-ordlistan> [2016-05-29]

Väderstad. (u.å. a). *Cultus 420-500*. Tillgänglig: [http://www.vaderstad.com/se/produkter/jordbearbetning/cultus\\_420-500](http://www.vaderstad.com/se/produkter/jordbearbetning/cultus_420-500) [2016-03-25]

Väderstad. (u.å. b). *TopDown*. Tillgänglig: <http://www.vaderstad.com/se/produkter/jordbearbetning/topdown> [2016-03-25]

Weidow, B. (1998). *Växtodlingens grunder*. 1 uppl. Helsingborg: AB boktryck.

Yara (u.å.). *Kvävegödsling*. Tillgänglig: [http://www.yara.se/crop-nutrition/crops/se-crop-programmes/Copy\\_of\\_benchmark-npk-and-s/nitrogen-fertilization.aspx](http://www.yara.se/crop-nutrition/crops/se-crop-programmes/Copy_of_benchmark-npk-and-s/nitrogen-fertilization.aspx) [2016-03-27]